

О- 794070

На правах рукописи



БОРЮШКИНА Светлана Александровна

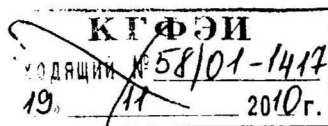
**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЗЕРВОВ  
И МЕХАНИЗМОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА  
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ  
ПРОДУКЦИИ**

Специальность: 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством:  
стандартизация и управление качеством  
продукции

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Иркутск – 2010



Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет»

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор  
Лончих Павел Абрамович

**Официальные оппоненты:** доктор экономических наук, профессор  
Заорский Григорий Вадимович:

кандидат экономических наук, доцент  
Грибанова Нина Николаевна

**Ведущая организация -** ГОУ ВПО «Московский государственный институт электроники и математики (технический университет)»

Защита состоится «14» декабря 2010 года в 10 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.073.08 в Иркутском государственном техническом университете по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, дом 83, корпус «К», конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке НИУ ГОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», а с авторефератом – на официальном сайте университета [www.istu.edu](http://www.istu.edu).

Отзывы на автореферат отправлять по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, ученому секретарю диссертационного совета ДМ 212.073.08

Автореферат разослан «12» ноября 2010 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат экономических наук,  
профессор



НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000715255

Г.М. Берегова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В большинстве отраслей экономики ценовая конкуренция постепенно уступает место конкуренции по качеству. Стандарт ИСО 9000:2005 определяет качество как степень соответствия присущих характеристик требованиям. Качество – многосложное понятие, и его обеспечение требует объединения научных сил, творческого потенциала и практического опыта многих специалистов.

Приоритеты обеспечения качества продукции для каждой страны будут разные, для США – это прибыль, для Японии – качество продукта (получение заданных характеристик), для государств – членов Европейского Союза (ЕС) – безопасность.

Россия, пытаясь выйти на уровень ЕС, стремится соответствовать всем критериям управления, обеспечения и контроля качества. В связи с этим в 2002 году принят Закон о техническом регулировании, который устанавливает минимально необходимые требования, обеспечивающих различные виды безопасности продукции и процессов. Понятие «безопасность» в Законе трактуется как состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда.

Для обеспечения безопасности продукции следует обратить внимание на такие показатели как надежность, долговечность, работоспособность и т.д. Понятие надежности близко к понятию качества, а потому проблемы управления и обеспечения качества непосредственно являются проблемами обеспечения надежности объектов и систем.

Потребитель, приобретая продукцию, чаще обращает внимание на эргономические показатели, а по сроку службы судит о качестве, что сказывается в дальнейшем на его отношении к соответствующему производителю, на имидже этого производителя, и как результат, на конкурентоспособность.

К сожалению, в России конкурентоспособность низкая. По оценке всемирного экономического форума по рейтингу конкурентоспособности наша страна в начале XXI в. занимала 75-е место среди 117 стран, находясь в группе развивающихся стран. Причем в последние годы ее позиция не изменилась.

Таким образом, обеспечение конкурентоспособности является приоритетной областью в экономике.

Вышесказанное подтверждает актуальность заявленной темы диссертационной работы.

**Степень разработанности проблемы.** Выполненный анализ теоретических исследований в рамках управления качеством для обеспечения конкурентоспособности продукции, свидетельствует о большой научной базе трудов отечественных и зарубежных авторов.

В разработку применяемых в настоящее время систем управления качеством внесли вклад отечественные ученые И.Г. Венецкий, А.М. Длин, В.В. Бойцов, американские ученые У.А. Шухарт, Э. Деминг, А. Фейгенбаум.

О теории управления качеством написаны труды ученых П.Л. Чебышева и А.М. Ляпунова; они являются теоретической основой выборочного контроля качества.

Авторами работ по месту и роли конкурентоспособности в механизме рыночных отношений являются В.М. Мишин, А.И. Пригожин, И.Б. Маркитанов, М. Портер, М. Хаммер и др.

Несмотря на значительное количество исследований в указанных областях четкого определения и оценки конкурентоспособности выявить сложно, практически все показатели конкурентоспособности являются субъективными. Описанное выше состояние и степень разработанности проблемы позволяют определить цель исследования данной работы.

**Целью работы** является разработка методов реализации резервов и механизмов повышения качества продукции, анализ отказов объектов и систем для выявления и разработки путей увеличения качества, оценки экономической устойчивости организации.

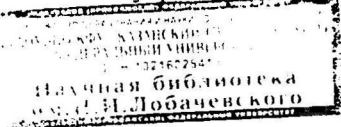
Реализация поставленной цели позволяет поставить и решить следующие **задачи**:

- предложить классификацию и методы оценки конкурентоспособности изделий, услуг предприятий, предложить модель оценки конкурентоспособности;
- предложить модель оценки экономической устойчивости предприятия;
- провести исследования и дать оценку, классификацию и характеристики отказов изделий, их надежности;
- разработать общие принципы применимости метода вибродиагностики как инструмента обеспечения качества, основанного на управлении рисками и удовлетворении требований безопасности; предложить схему вибромониторинга;
- предложить и реализовать математический аппарат – математическое ожидание и дисперсия при анализе случайных процессов. Разработать модель и принципы реализации процесса управления качеством и надежностью, дать анализ параметрических отказов объектов и систем;
- разработать модель реализации резервов и механизмов повышения качества систем и продукции.

**Объектом исследования** являются системы (объекты) менеджмента, организации, имеющие мотивацию совершенствования, реализации резервов и механизмов повышения качества на основе требований международных стандартов семейства ИСО 9000 для обеспечения конкурентоспособности продукции.

**Предметом исследования** являются методы, подходы и принципы совершенствования и развития систем качества, основанные на реализации резервов и механизмов повышения качества продукции, анализе отказов объектов и систем, минимизации рисков появления дефектов.

**Область исследования.** Тема диссертационной работы соответствует паспорту номенклатуры специальности 08.00.05 – Экономика и управление народ-





ным хозяйством: стандартизация и управление качеством продукции: п. 13.14. Резервы и механизмы повышения качества продукции (услуг); п.13.16. Обеспечение качества и конкурентоспособности продукции (услуг) на основе технического регулирования.

**Теоретической базой исследования** послужили труды отечественных и зарубежных ученых, занимающихся проблемами конкурентоспособности; управления, обеспечения и контроля качества; исследованиями в области отказов изделий, их надежности; а также вибромониторинга.

**Методологической базой исследования** стали методы системного, статистического, сравнительного анализа; процессного и системного подходов; реализации восьми принципов менеджмента качества.

**Научная новизна** исследования состоит в следующем:

- сформулированы общие принципы, разработана модель оценки и реализации резервов и механизмов повышения качества систем и продукции;
- обоснованы, предложены и разработаны принципы применимости методов вибродиагностики как инструмента обеспечения качества, основанных на управлении рисками;
- обоснован, развит и реализован математический аппарат исследования параметров системы качества для случайных процессов. Разработана модель и дан анализ дефектов изделий и параметрических отказов объектов и систем;
- проведена оценка экономической стабильности предприятия;
- обоснована применимость и реализованы законы распределения времени до отказа системы качества, выраженные плотностями распределения, в форме альфа - распределений. Адаптирована и предложена верная модель плотности распределения дефектов с нулевым начальным рассеиванием.

**Практическая значимость результатов** проведенного исследования заключается в возможности использования методов оценки состояния объектов исследования, параметрических отказов систем менеджмента, конкурентоспособности для реализации резервов и механизмов повышения качества систем и продукции.

**Апробация и внедрение результатов работы.** Основные научные положения и результаты исследования были представлены на научно-практических конференциях: III Международная конференция «Проблемы механики современных машин», Улан-Удэ (2006), Международная научно-практическая конференция «Проблемы качества машин и конкурентоспособности», Брянск (2008), IV Международная конференция «Проблемы механики современных машин», Улан-Удэ (2009).

Результаты и выводы, полученные в диссертационной работе, используются в автономной некоммерческой организации «Сибирь - качество», Восточно-Сибирском региональном инновационном отделении Европейского центра по

качеству, ООО «Шиньянская индустриальная компания Дацзи», ЗАО «Иркутскэнергоремонт».

Разработки диссертации также нашли применение в учебном процессе ГОУ ВПО Национального исследовательского Иркутского государственного технического университета при разработке курсов «Управление процессами», «Сертификация систем», «Управление качеством» специальности «Управление качеством», «Менеджмент организации».

**Публикации по теме диссертации.** Содержание диссертационной работы отражено в 6 публикациях автора общим объемом 25,1 п.л., в том числе в трех научных журналах из списка, рекомендованного ВАК, 2 монографии в соавторстве, общий авторский вклад 8,8 п.л.

**Объем и структура работы.** Структура работы определена целью и задачами исследования и состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 182 страницах, содержит 27 рисунков и 9 таблиц. Библиографический список включает 107 наименований.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** диссертации обоснована актуальность исследования, поставлены цель и задачи диссертационной работы, определены объект и предмет исследования, теоретические и методологические основы, определена научная новизна, практическая значимость работы, представлена информация об апробации и внедрении результатов работы.

**В первой главе «Система менеджмента качества и конкурентоспособность»** рассмотрены методы оценки конкурентоспособности товара и организации, дан анализ применимости аналитических и графических методов ее оценки, в том числе изложены модель Розенберга, расчет интегрального показателя конкурентоспособности; оценка конкурентоспособности на основе уровня продаж, а так же построение карт стратегических групп, матрица Портера; в главе дан анализ мотивации и востребованности сертификации системы менеджмента качества, при внедрении которой организация может повысить уровень конкурентоспособности.

**Во второй главе «Контроль качества в системах менеджмента»** рассмотрены теоретические методы и подходы к контролю качества продукции. Предложено сопоставление необходимости контроля качества с одним из постулатов Э. Деминга: «Исключить необходимость массового контроля как метода достижения качества». Дан анализ требований надежности, в формулировке понятия «технический регламент» в сопоставлении с Федеральным Законом РФ «О техническом регулировании». Одним из значимых показателей качества является надежность. Дана классификация и характеристика отказов изделий, анализ и классификация рисков появления брака. Для их определения было предложено использовать метод вибродиагностики.

**В третьей главе «Параметрические отказы объектов и систем. Пути увеличения качества (надежности)»** приведена модель и дан анализ дефектов изделий и параметрических отказов объектов и систем. Рассматриваемые рас-

четные модели универсальны и могут использоваться для прогнозирования отказов различных объектов. Реализован математический аппарат исследования параметров системы качества для случайных процессов. Предложена оценка параметрической надежности системы качества в случаях детерминированного и случайного процессов при линейной и нелинейной постановках задачи.

В четвертой главе «Резервы и механизмы повышения качества систем и продукции» приведены результаты применения количественных методов анализа, в первую очередь выбора группы критериев, определенных как мера для сравнения количественных показателей исследуемой операции. Обоснована применимость и реализованы законы распределения времени до отказа системы качества, выраженные плотностями распределения, в форме альфа - распределений. Так же дана оценка экономической стабильности предприятия.

В **Заключении** излагаются основные научные результаты диссертационной работы.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

**1. Сформулированы общие принципы, разработана модель оценки и реализации резервов и механизмов повышения качества систем и продукции.**

Оценивание каждой опасности риска появления брака и, соответственно, отказов системы менеджмента включает изучение вероятности ее появления, повреждений систем и иных компонентов производства, а также экологического ущерба, к которым может привести авария. Для успешного анализа опасностей было предложено применение контрмер по отношению к каждой из опасностей, что добавляет основное направление при проведении анализа, на базе которого все последующие принимаемые решения будут связаны с компромиссами среди альтернативных решений. В этих целях нами предложено использование оценки и реализации резервов и механизмов повышения качества систем и продукции, в том числе:

- идентификация опасностей, их анализ и оценка;
- логические процедуры формулирования предупредительных мероприятий (контрмер);
- выбор лучшей контрмеры для внедрения (принятие решения).

Автором выполнен анализ причин каждого из возможных отказов. Нами было установлено, что при построении дерева событий (ДС), проведении анализа вида и последствий отказа (АВПО), анализа критичности (АК) использующего прямой порядок. Обратный – для анализа с помощью деревьев отказов (ДО). Для предварительного анализа опасностей (ПАО) используется как прямой подход, так и обратный. Такое комбинированное использование обоих подходов было признано нами необходимым, чтобы полностью решить задачу анализа риска и надежности систем качества.

При выполнении анализа в прямом порядке нами были приняты ряд определенных последовательностей (событий) и составлены соответствующие этим последствиям сценарии, оканчивающиеся опасными состояниями системы. При

анализе с прямой последовательностью оказываются полезными контрольные перечни возможных состояний элементов. Информация, которая была собрана и обработана для рассмотрения ситуации (сценария), состоит из сведений по взаимосвязи элементов и топографии системы, а также включает данные по отказам элементов и другим детальным характеристикам системы. Эти сведения полезны и для построения дерева отказов.

Обратный подход, т.е. анализ с помощью дерева отказов, использовался нами при определении причинных связей, ведущих к данному опасному состоянию системы. Большие системы могут иметь много самых различных конечных событий и соответствующих им деревьев отказов.

**2. Обоснован, развит и реализован математический аппарат исследования параметров системы качества для случайных процессов. Разработана модель и дан анализ дефектов изделий и параметрических отказов объектов и систем. Предложена оценка параметрической надежности системы качества при линейной и нелинейной постановках задачи.**

Для исследуемых систем автором был принят такой критерий качества как надежность, определяющаяся вероятностью безотказной работы (ВБР)  $P(t)$ , которая является функционалом некоторого случайного процесса  $(t)$ , характеризующего изменение параметров объекта во времени. ВБР объекта на отрезке времени  $[t_0, t]$  равна вероятности нахождения процесса  $v(t)$  в заданной допустимой области  $\Omega$  в течение этого отрезка времени:

$$P(t) = P\{v(t) \in \Omega; t \in [t_0, t]\}. \quad (1)$$

Объект является работоспособным, пока изменяющаяся во времени величина  $v$  не достигает границы допустимой рабочей области  $\Omega$ .

Нами был рассмотрен характер случайного процесса приближения к отказу на примере объекта, работоспособность которого определяется скалярной мерой качества, которую назовем определяющим параметром (ОП).

Случайный процесс изменения ОП  $X(t)$  в общем случае может быть представлен суммой случайных процессов:

$$X(t) = \chi(t) + \xi(t) + \varepsilon(t). \quad (2)$$

Процесс  $\chi(t)$  является основной причиной отказов, и в дальнейшем будем называть его процессом изнашивания. Стационарный случайный процесс  $\xi(t)$  обратимых изменений параметров при изменении внешних условий, приводит к перемежающимся (появляющимся /исчезающим) отказам. Возможность возникновения обратимых изменений параметров стараются предусмотреть при конструировании объектов. Поэтому  $\xi(t)$  рассматриваться нами не будут. В результате измерения ОП на ход процесса будет оказывать влияние и стациона-

нарный случайный процесс  $\varepsilon(t)$  ошибок измерений. Т.к. процессы  $\varepsilon(t)$  и  $\xi(t)$  не всегда удается разделить, то случайный процесс изменения ОП  $X(t)$  будем представлять только процессом изнашивания

$$X(t) = \chi(t). \quad (3)$$

На вид реализации процесса  $X(t)$  большое влияние оказывает физико-химическая структура материала и технология изготовления объекта. Однотипные объекты дают близкие по форме кривые износа, но с различными значениями скорости изнашивания. Поэтому модели процессов изнашивания должны иметь функциональную зависимость от времени, а их случайный характер обуславливается случайными параметрами, не зависящими от времени. Подобные случайные процессы иногда называют детерминизированными или полуслучайными.

Случайный процесс  $X(t)$  изнашивания можно рассматривать

$$X(t) = X_0 + \int_0^t B(\tau) d\tau, \quad (4)$$

где  $X_0$  - начальное (заводское) значение ОП;  $B(t)$  - полуслучайный процесс изменения скорости изнашивания.

Начальное значение  $X_0$  ОП является случайной величиной, иногда имеющей усеченное (из-за заводского допуска) распределение, но не зависящей от времени  $t$ . Интеграл

$$\vartheta(t) = \int_0^t B(\tau) d\tau, \quad \tau \in [0, t], \quad (5)$$

характеризует накопление необратимых изменений в результате старения, изнашивания или разрегулирования. Слагаемое в (4) может быть очень большим.

Следует отметить, что в практике эксплуатации даже при наличии встроенных или переносных средств контроля не всегда удается часто измерять значения ОП отдельных объектов. Поэтому реализации  $X_j(t)$ , построенные по экспериментальным данным для моментов  $t_i$  ( $i = \overline{1, k}$ ), имеют вид ломаных линий и можно лишь каков в действительности случайный процесс  $X(t)$ . Для этого необходимо иметь гипотезу о характерном виде кривых износа, которая базируется как на данных эксперимента, так и априорной информации о процессах изнашивания аналогичных объектов. При этом для наугад взятого  $j$ -го объекта скорость изнашивания случайна, для каждого объекта - своя.

Изменение ОП в зависимости от времени или наработки можно в общем случае представить тремя периодами (рис. 1).

Первый период - приработка объекта. К концу этого периода скорость износа становится постоянной. Обычно в процессе приработки происходит

уменьшение скорости износа. Серьезные фирмы-производители для повышения надежности и конкурентоспособности изделий осуществляют приработку на заводах.

Второй период характеризует основной период эксплуатации, при этом достигнутая к концу приработки скорость износа сохраняется примерно постоянной.

Третий период – период «старения» объекта. Возможности существования объекта исчерпываются. Скорость изменения ОП катастрофически растет.

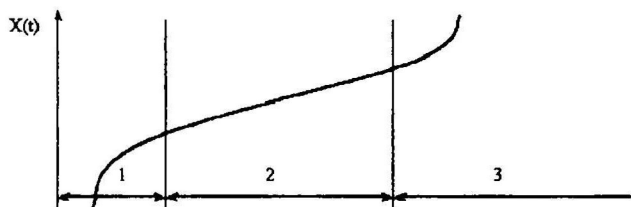


Рис. 1. Изменение скалярной меры качества, - определяющего параметра (ОП) в функции времени

Соотношение скорости износа при приработке и основной работе может служить показателем эффективности производства или качества материалов.

Нами было установлено, что при линеаризации реального процесса износа объекта каждая реализация  $X_j(t)$  процесса заменяется прямой, т.е. реальный процесс изменения ОП  $X(t)$  аппроксимируется случайной функцией вида

$$X = \bar{X}_0 \pm V \cdot t, \quad (6)$$

где  $X_0 = X(t=0) = \{x\}_0$  – случайное начальное значение ОП (при  $t=0$ ), имеющее математическое ожидание (МО)  $m_{x0} = M\{X_0\}$  и среднее квадратичное отклонение (СКО)  $S_{x0} = \sqrt{D_{x0}}$ .  $V\{v\}$ ; – случайная нормально распределенная скорость изменения ОП во времени, обладающая МО  $mv = M\{V\}$  и СКО  $S \cdot v = \sqrt{D_v}$ .

**3. Обоснована применимость и реализованы законы распределения времени до отказа системы качества, выраженные плотностями распределения, в форме альфа - распределений. Адаптирована и предложена верная модель плотности распределения дефектов с нулевым начальным рассеиванием.**

Из различных модификаций линейных возрастающих случайных функций изменения скалярной меры качества, – определяющего параметра, ОП –  $X(t)$  или  $\ln X(t)$  наиболее часто процесс приближения объекта к отказам аппроксимируется следующими типами моделей:

- 1) всеерной с ненулевым начальным рассеиванием;
- 2) всеерной с нулевым начальным рассеиванием;
- 3) равномерной.

Для рассматриваемых нами систем модель линейной функции  $X(t)$  или  $\ln X(t)$  зависит от числа случайных аргументов, определяющих ее случайный характер.

Всеерная функция с ненулевым начальным рассеиванием описывается:

- для процесса  $X(t)$ :

$$X(t) = \chi + V(t + \tau), \quad (7)$$

- для процесса  $\ln X(t)$ :

$$\ln X(t) = Y(t) = \ln \chi + V'(t + \tau), \quad (8)$$

При  $t = 0$  значения функций (9) и (10) представляют:

$$X_0 = \chi + V \cdot \tau, \quad (9)$$

$$\ln X_0 = Y_0 = \ln \chi + V' \cdot \tau, \quad (10)$$

причем  $V = V'$ . С учетом (9) и (10) модели (7), (8) легко представляются в виде (6). Случайный характер рассмотренной модели определяется двумя случайными аргументами:  $X_0$  или  $\ln X_0$  – случайное начальное значение ОП или его логарифма;  $V$  или  $V'$  – случайная скорость изменения ОП или его логарифма.

Аргумент рассмотренной модели – случайная скорость изменения ОП ( $V$ ) или логарифма ОП ( $V'$ ) – имеет нормальное распределение с плотностью распределения соответственно:

$$f(V) = \frac{1}{S_V \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left\{- (V - m_V)^2 / 2S_V^2\right\}, \quad (11)$$

$$f(V') = \frac{1}{S_{V'} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left\{- (V' - m_{V'})^2 / 2S_{V'}^2\right\}. \quad (12)$$

В ходе проведенных исследований, нами было установлено, что линейно зависящая от  $V$  случайная функция  $X(t)$  (7) во всех  $i = \overline{0, k}$  сечениях будет распределена нормально с плотностью и параметрами распределения:

$$f(X)_i = \frac{1}{S_{X_i} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left\{- (X_i - m_{X_i})^2 / 2S_{X_i}^2\right\}, i = \overline{0, k}, \quad (13)$$

- матожидание  $m_{X_i} = \{X_i\}$ ;
- среднее квадратичное отклонение;
- численные характеристики – матожидание  $m_X(t)$  и СКО  $S_X(t)$ , самой случайной функции (12) выражаются через числовые характеристики  $m_V$  и  $S_V$  случайной скорости:

$$m_x(t) = \chi + m_x(t + \tau), \quad (14)$$

$$S_x(t) = S_V(t + \tau). \quad (15)$$

В ходе исследований автором было установлено, что мат. ожидание  $m_V(t)$  и СКО  $S_V(t)$  линеаризованной путем логарифмирования функции (8) можно получить, используя числовые характеристики случайной скорости  $V$ :  $m_V$  и  $S_V$ . Проводя аналогичные, как для функции (7), преобразования, получаем:

$$m_V(t) = m_{V_0} + m_{V'} \cdot t, \quad (16)$$

$$S_V(t) = S_{V_0} + S_{V'} \cdot t. \quad (17)$$

Всерная функция с нулевым начальным рассеиванием является частным случаем модели (6) и может быть получена из указанных выражений путем замены случайных начальных значений ОП  $X_0$  или его логарифма  $\ln X_0 = Y_0$  некоторым неслучайным значением  $K_0$  или  $\ln K_0$ .

Поскольку всерная модель с ненулевым начальным рассеиванием является частным случаем моделей (7) и (8), то ее свойства определяются свойствами указанных моделей, поэтому числовые характеристики определяются:

- для функции  $X(t) = K_0 + Vt$  изменения ОП из (7), (8):

$$m_x(t) = K_0 + m_V \cdot t, \quad (18)$$

$$S_x(t) = S_V \cdot t; \quad (19)$$

- для функции  $Y(t) = \ln X(t) = \ln(K_0 + V' \cdot t)$  изменения ОП из (18), (19):

$$m_V(t) = \ln(K_0 + m_{V'} \cdot t), \quad (20)$$

$$S_V(t) = S_{V'} \cdot t. \quad (21)$$

Полученные автором линейные и линеаризованные модели удобны для аппроксимации случайных процессов изменения ОП тем, что позволяют харак-



теризовать эти процессы ограниченным числом аргументов модели, для определения которых требуется минимальный объем экспериментальных данных.

#### **4. Обоснованы, разработаны и предложены принципы применимости метода вибродиагностики как инструмента обеспечения качества, основанного на управлении рисками.**

Автором представлены результаты решения задачи диагностики технического состояния технологического оборудования. Установлена зависимость параметров, таких, как ресурс, техническое состояние, параметры элементов, содержащих контактные пары (подшипники, фрикционные пары, зубчатые передачи и т.п.) от характеристик собственных колебаний. Предложен анализ причин, вызывающих нарушения работы технологического оборудования, систематизированы параметры, влияющие на формирование дефектов и отказа работы оборудования.

Показано, что поверхности роторов, статоров, в поперечном направлении могут иметь отклонения от правильной геометрической формы или от номинальных размеров в пределах допуска. При математическом описании этих дефектов рассмотрено отклонение их прилегающей рабочей поверхности от правильной геометрической формы (окружности).

Автором получена оценка влияния технологических погрешностей на вибрационные параметры – неидеальность деталей: отклонение параметров от допустимых значений, технологические погрешности изготовления и сборки. Определена зависимость долговечности вращающихся пар узлов станка от несущей способности смазочного слоя. Показано, что динамические процессы в подшипниках скольжения определяются уравнениями, связывающими распределение давления  $P$  в смазочном слое с геометрическими характеристиками  $h$  смазочной пленки. Кроме этого, показано влияние трения на спектральные характеристики виброскорости.

По результатам исследований сформулирован алгоритм диагностики, основанный на том, чтобы из множества возможных состояний диагностируемого оборудования выделить одно, наиболее вероятное. Следовательно, задача диагностики – идентификация множественных связей между структурными характеристиками  $X_i$  и соответствующими диагностическими параметрами  $S_i$ , что обусловило применение диагностических матриц. Диагностическая матрица представлена в виде двузначной логической модели, определяющей связи между структурными и диагностическими параметрами при достижении ими допустимой величины. Каждому виду дефекта  $X_i$  поставлено в соответствие определенное сочетание диагностических параметров  $S_i$ , а при достижении диагностическим параметром нормативного значения возможен один или несколько дефектов объекта диагностики. Разработана система диагностики, которая позволяет контролировать состояние вращающихся пар, подшипников

качения и скольжения, валов, зубчатых, фрикционных муфт и шкивов ременных передач и использована в процессе динамической балансировки.

Вибродиагностика состояния подшипника выполнена по наличию в спектре характерных признаков того или иного дефекта, (рис.2). Сравнение измеренных значений с нормативными позволило оценить состояние оборудования. Измерения выполнены по допустимым уровням вибрации (единицах виброскорости), основанные на стандартах качества семейства ИСО 9000.

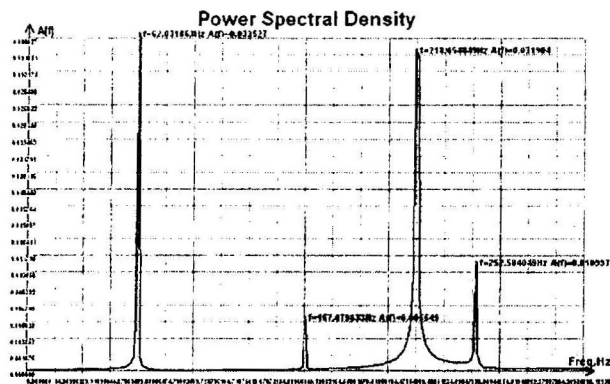


Рис. 2. Спектр виброскорости

Автором приведены результаты анализа замеров вибрации и диагностики технического состояния металлорежущего оборудования. Регулярное проведение измерений вибрации оборудования позволило выявить неисправности на ранней стадии возникновения, отследить динамику их развития. Ниже представлены

результаты диагностики технологического оборудования. Предварительно обосновано положение, согласно которому износ узлов, деталей, вращающихся пар станков однозначно коррелирует со спектром вибрационных характеристик – виброскоростью, ускорением.

Классический спектр определен, по своему определению, распределением мощности исходного временного вибросигнала в частотной области. Поэтому появление явно выраженных узких пиков на спектре в зоне характерных частот того или иного элемента подшипника качения, имеющих не только большую амплитуду, но и существенную мощность, происходит только в том случае, когда дефект развит до такой степени, что его мощность соизмерима с мощностью четко диагностируемых пиков на спектре. Иными словами, дефект определен как достаточно развитый, когда он виден на спектре. С этой целью определены особенности проявления дефектов подшипников на спектрах вибросигналов:

- наличие на временном вибросигнале явно выраженных периодических ударных процессов.
- наличие в спектре вибросигнала большого количества несинхронных компонент, или, приняв за базу оборотную частоту ротора, гармоник с дробными номерами.
- наличие в спектре широкополосных энергетических горбов вблизи подшипниковых частот и частот собственных резонансов элементов механической конструкции.

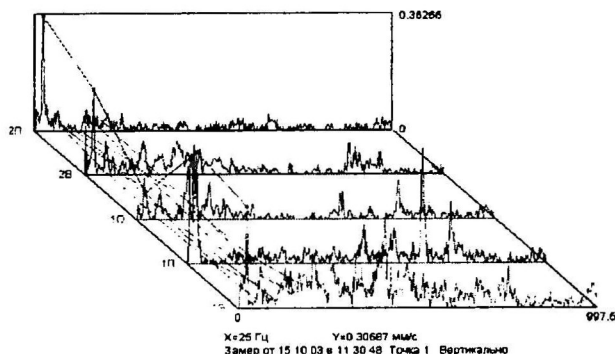


Рис. 3. Спектральная характеристика

плит, рычагов, корпусных деталей и других из любых сталей и сплавов. На станке производят фрезерование плоскостей и пазов, сверление, зенкерование, развертывание и предварительное растачивание отверстий.

Параметры вибрации подшипников и превышение допустимых нормативов определены согласно ГОСТ ИСО 10816-1-97. «Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся частях». Спектральные характеристики снятых сигналов на точках 10, 1П, 1В, (рис.3) характерны для подшипников, в которых идет развитие дефектов колец (износ – усталостное выкрашивание).

Попадание замера в зону А,В,С или D, (рис.4), согласно ГОСТ ИСО 10816-1-97 означает: Зона А – машина только что введена в эксплуатацию; Зона В – машина пригодна для дальнейшей эксплуатации без ограничения сроков; Зона С – машина непригодна для длительной непрерывной эксплуатации; Зона D – эксплуатация машины может привести к ее разрушению. Диагностика технического состояния выполняется по результатам анализа виброскорости.



Рис. 4. Зоны А,В,С,Д работы оборудования

## 5. Оценка экономической стабильности организации.

Потребностям менеджмента соответствует представление об устойчивости организации как способности придерживаться заданного направления развития, достигать поставленные цели.

Устойчивость предприятия формируется под воздействием трех сред: внутренней, внешней и промежуточной (мезосреды), которые формируют три элемента устойчивости: интрагенную, мезогенную и экстрагенную соответственно (рис. 5).

Источником интрагенной устойчивости является внутренняя среда предприятия, куда входят все ресурсы, активы, количественные и качественные характеристики предприятия, которые могут быть доступны для сопротивления возможным воздействиям. Факторы этой группы относятся к управляемым.



Рис. 5. Структура источников устойчивости

Экстрагенная (внешняя) устойчивость представляет собой характеристику внешних условий, фона деятельности предприятий территории (отрасли), отличающие одну территорию (отрасль) от другой. Факторы этой группы относятся к не полностью управляемым, остаются прогнозируемыми и сохраняют влияние на поведение предприятия.

Источником мезогенной устойчивости является промежуточная среда, которая формируется наложением внешней и внутренней сред предприятия. Так, к промежуточной среде относятся те поставщики ресурсов предприятия и потребители его продукции, которые связаны с ним. Факторы этой группы относятся преимущественно к управляемым.

Метод измерения устойчивости предлагает использовать аналогию с материальной (механической) системой, устойчивость которой проявляется в способности возвращаться в исходное состояние после неповторяющегося внешнего воздействия. В общем виде статистическая оценка устойчивости имеет вид:

$$F_{уст} = f(M, V, L), \quad (22)$$

где  $M$  – статистическая оценка сходимости временного ряда  $X$ ;  $V$  – статистическая оценка вариации временного ряда  $X$ ;  $L$  – статистическая оценка, учитывающая отклонение временного ряда  $X$  от заданных пределов.

Для количественной оценки устойчивости необходимо измерить характер динамики наблюдаемых значений с помощью статистической оценки. Автором

были получены характеристики уровня наблюдаемых параметров объектов, их вариация, направление динамики. Исключение составляет размах вариации:

$$R_i^L = \max(x_1, \dots, x_i) - \min(x_1, \dots, x_i), \quad (23)$$

$$R_i^R = \max(x_n, \dots, x_{n-i+1}) - \min(x_n, \dots, x_{n-i+1}), \quad (24)$$

где  $i = \overline{1, n}$ ,  $n$  – длина временного ряда  $X$ ;  $R_i^L$  –  $i$ -е значение размаха вариации от  $i$  первых наблюдений  $X$  (размах вариаций слева);  $x_i - i$ -е наблюдение с начала временного ряда  $X$ ;  $R_i^R$  –  $i$ -е значение размаха вариации от  $i$  последних наблюдений  $X$  (размах вариаций справа);  $x_{n-i+1} - i$ -е наблюдение с конца временного ряда  $X$ .

Сравнив суммы полученных рядов  $R_i^L$  и  $R_i^R$  между собой можно определить наличие или отсутствие сходимости.

Для количественной оценки сходимости разработан следующий критерий:

$$M = f(S^L, S^R) = \frac{S^L}{\frac{S^L + S^R}{2}}, \quad (25)$$

где  $S^L, S^R$  – суммы рядов  $R_i^L$  и  $R_i^R$  соответственно, определяемые как:

$$S^L = \sum_{i=1}^n R_i^L, \quad S^R = \sum_{i=1}^n R_i^R, \quad (26)$$

Оценка вариации ( $V$ ) опущена, поскольку оценка сходимости ( $M$ ) учитывает уровень и характер изменения вариации.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В ходе исследования проанализированы и определены дефекты продукции (оборудования) и отказы систем (объектов) менеджмента, что позволяет разработать модели оценки и реализации резервов и механизмов повышения качества продукции и систем.

2. Выявлены риски возникновения дефектов продукции (систем). Предложены принципы и методы вибродиагностики для обеспечения качества. А также исследованы параметры систем качества для случайных процессов, разработана модель оценки параметрических отказов систем (объектов).

3. Одним из показателей конкурентоспособности рассматривается качество продукции. Предложена и реализована модель оценки конкурентоспособно-

сти продукции, позволяющая повысить уровень конкурентоспособности и товара и предприятия в целом.

4. Предложена модель оценки экономической стабильности организации. Высокий уровень конкурентоспособности продукции позволяет рассмотреть и оценить стабильность предприятия, позволяющая обеспечить определенный уровень качества.

5. Адаптирована и предложена всеерная модель плотности распределения дефектов с нулевым начальным рассеиванием, реализованы законы распределения времени до отказа системы качества.

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **Статьи в ведущих научных изданиях и журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ:**

1. Борюшкина С.А. Диагностика и металлографический анализ оборудования на горно-обогатительных фабриках / П.А. Лончих, А.Н. Шулешко, С.А. Борюшкина // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2006. № 1 (25). С. 73-76. (0,25 п.л., в том числе авторских 0,1 п.л.).

2. Борюшкина С.А. Вибродиагностика и металлографический анализ как элемент обеспечения качества / П.А. Лончих, С.А. Борюшкина, С.М. Чарный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2007. № 4 (16). С. 36-39 (0,25 п.л., в том числе авторских 0,1 п.л.).

3. Борюшкина, С.А. Анализ случайных процессов изменения определяющих параметров для решения проблем создания конкурентоспособности продукции/ П.А. Лончих, С.А. Борюшкина// Экономический вестник интеграции - 2010 (0,687 п.л., в том числе авторских 0,4 п.л.).

4. Борюшкина С.А. Анализ отказов продукции с применением инструментов качества для обеспечения конкурентоспособности продукции / П.А. Лончих, С.А. Борюшкина // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2010. № 5 (45). С. 306-310. (0,375 п.л., в том числе авторских 0,2 п.л.).

### **Коллективные монографии:**

5. Борюшкина С.А. Диагностика, обеспечение качества и конкурентоспособности машиностроительного производства: монография / С.А. Борюшкина, Б.А. Байбородин, Р.Д. Гутгарц. Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2008. 160 с. (10 п.л., в том числе авторских 3,35 п.л.).

6. Борюшкина, С.А. Резервы и механизмы повышения качества и конкурентоспособности продукции на основе принципов технического регулирования: монография / А.Н. Шулешко, С.А. Борюшкина, К.В. Матвеева. Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2010. 216 с. (13,5 п.л., в том числе авторских 4,5 п.л.).



10 ~